

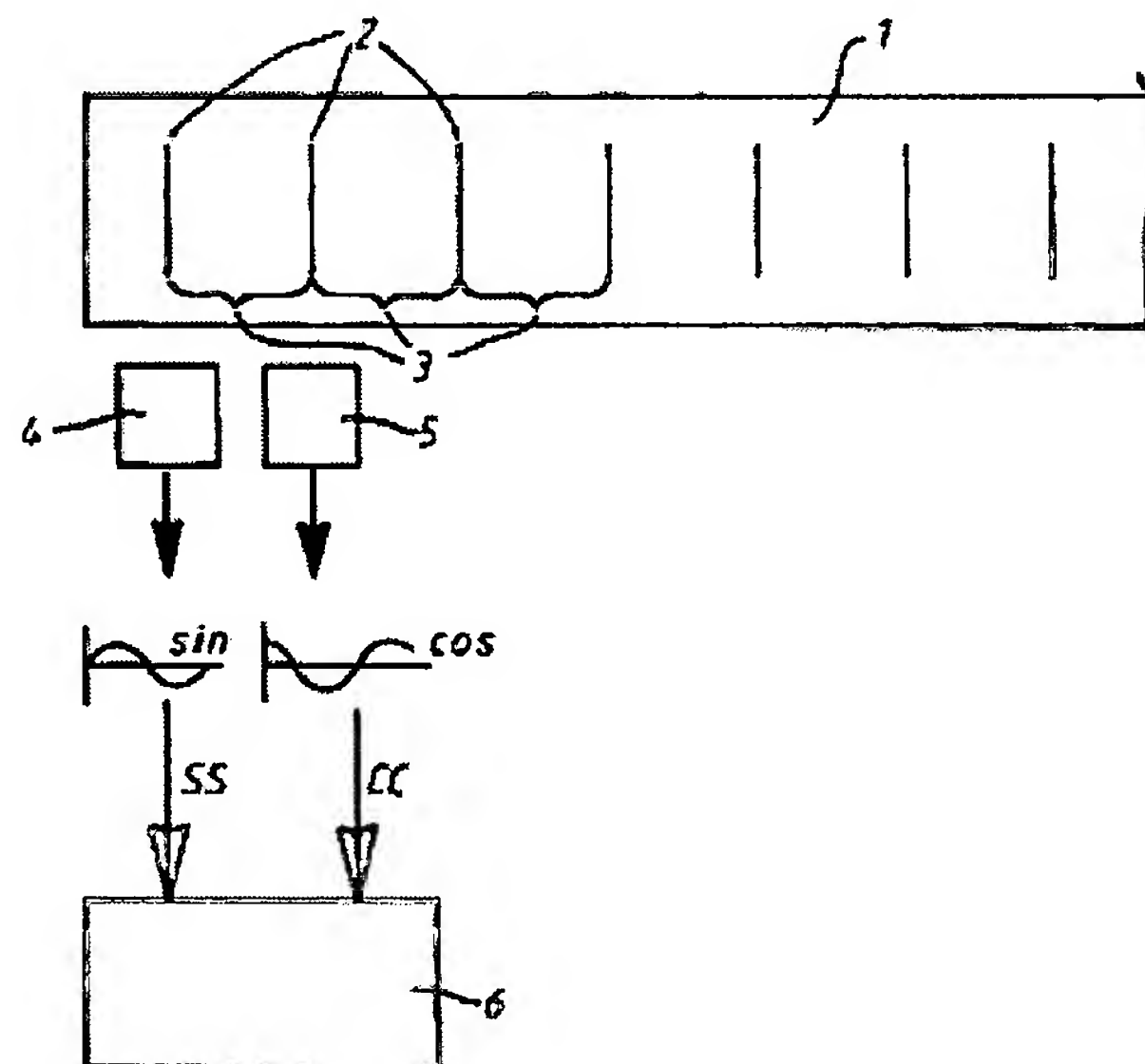
# Interpolation error correction method for incremental measuring device uses mathematical correction model provided by elliptical equation with 5 parameters obtained from previous increment intervals

**Patent number:** DE19911822  
**Publication date:** 2000-08-24  
**Inventor:** DETTMAR FALK (DE)  
**Applicant:** BROWN & SHARPE GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: *H03M1/06; H03M1/30; H03M1/06; H03M1/22; (IPC1-7): G01B21/00; G01B21/22; G01D1/14; G01D5/244; H03M1/06*  
- european: H03M1/06P  
**Application number:** DE19991011822 19990317  
**Priority number(s):** DE19991011822 19990317

[Report a data error here](#)

## Abstract of DE19911822

The interpolation error correction method uses a mathematical correction model for correcting the inaccuracy in the absolute position obtained from sine and cosine signals (SS, CC) provided by a pair of spaced sensor elements (4,5), scanning the incremental markings (2) along an incremental measuring rule (1), using an arc tangent function. The correction model uses an elliptical equation with 5 parameters, determined from the maxima and minima of the signal amplitudes for the directly preceding increment intervals (3).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 199 11 822 C 1

②1 Aktenzeichen: 199 11 822.1-52  
②2 Anmeldetag: 17. 3. 1999  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 8. 2000

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 21/00**  
G 01 B 21/22  
G 01 D 1/14  
G 01 D 5/244  
H 03 M 1/06

DE 199 11 822 C 1

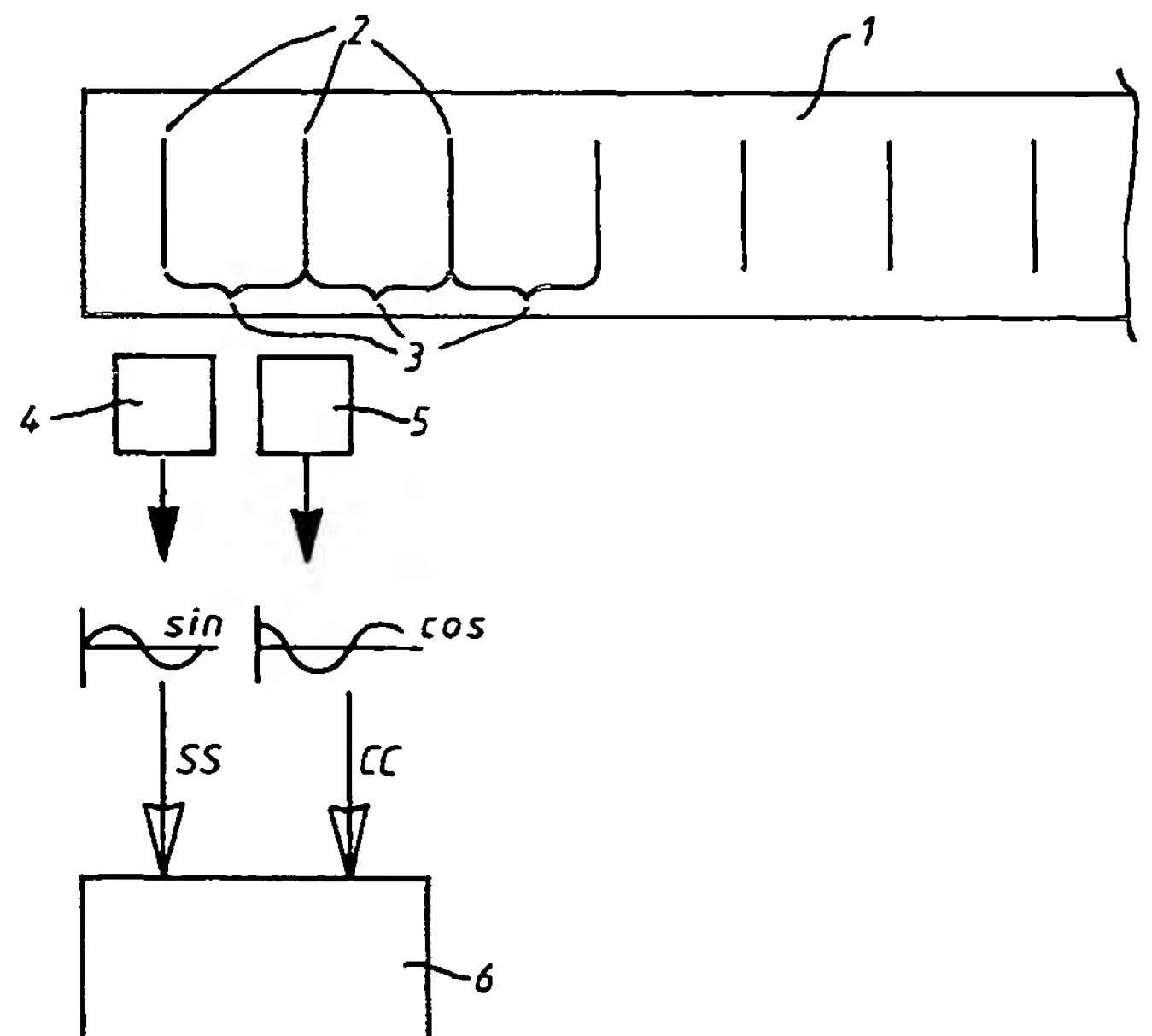
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Brown & Sharpe GmbH, 35578 Wetzlar, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Knefel, C., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 35578 Wetzlar

⑦2 Erfinder:  
Dettmar, Falk, Dipl.-Ing., 35614 Aßlar, DE  
  
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 43 31 151 C2  
DE 35 09 682 C2

⑤4 Verfahren zur Korrektur von Interpolationsfehlern beim Ablesen von Inkrementalmaßstäben durch einen Positionsgeber

⑤7 Verfahren zur Korrektur von Interpolationsfehlern beim Ablesen von Inkrementalmaßstäben durch einen Positionsgeber, wobei die Absolutposition des Positionsgebers innerhalb eines Teilungsintervalls des Inkrementalmaßstabes bestimmt wird, wobei die Teilungsintervalle periodisch von Teilungsmarken auf einem Träger gebildet sind, mit zwei gegenüber dem Träger ortsfest angeordneten und auf die Teilungsmarken ansprechenden Abtastelementen, die in einem derartigen auf die Länge des Teilungsintervalls bezogenen Abstand voneinander angeordnet sind, daß sie jeweils ein sinusartiges und ein cosinusartiges Meßsignal (SS und CC) ausgeben, die zur Ermittlung der Absolutposition auf der Basis der Arcustangens-Funktion ausgewertet werden, wobei zur Korrektur der Auswertung gegenüber Störungen und Ungenauigkeiten im Positionsgeber ein Korrekturmodell verwendet wird, und dass als mathematisches Korrekturmodell eine Ellipsengleichung verwendet wird. Zur Korrektur der Auswertung gegenüber Störungen und Ungenauigkeiten im Positionsgeber wird ein Korrekturmodell mit fünf Parametern (a, b, c, d,  $\delta$ ) verwendet, wobei die Berechnung der fünf Parameter aus den Ergebnissen des unmittelbar vorhergehenden Teilungsintervalls erfolgt, und dass zur Ermittlung der Parameter (a, b, c, d) ausschließlich die Maxima und Minima der Signalamplitude des unmittelbar vorhergehenden Teilungsintervalls verwendet werden.



DE 199 11 822 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur von Interpolationsfehlern beim Ablesen von Inkrementalmaßstäben durch Positionsgeber innerhalb eines Teilungsintervalles des Inkrementalmaßstabes, wobei die Teilungsintervalle periodisch von Teilungsmarken auf dem Inkrementalmaßstab gebildet sind.

Zum Stand der Technik (DE 43 31 151 C2) gehört ein Verfahren zur Messung der Absolutposition des beweglichen zyklischen Teilungsmarkenträgers eines inkrementalen Positionsgebers innerhalb eines seiner Teilungssegmente, die periodisch von den Teilungsmarken auf dem Träger gebildet sind, wobei die Messung mit zwei gegenüber dem Träger ortsfest angeordneten und auf die Teilungsmarken ansprechenden Abtastelementen erfolgt, die in einem derartigen auf die Länge des Segmentes bezogenen Abstand voneinander angeordnet sind, daß sie zwei sinus- und cosinusartige Meßsignale ausgeben, die zur Ermittlung der Absolutposition auf der Basis der Arcustangens-Funktion ausgewertet werden. Gemäß dieser Druckschrift ist ein Algorithmus zur Korrektur von Interpolationsfehlern bei diesen Inkrementalmaßstäben oder inkrementalen Winkelschrittgebern angegeben. Als Ausgangssignal liefern diese zwei um 90° phasenverschobene, wenigstens annähernd sinusförmige periodische elektrische Signale. Dabei werden diese Signale als X- und Y-Koordinaten einer geschlossenen Kurve aufgefaßt, die im ungestörten fehlerfreien Falle einen Kreis mit dem Mittelpunkt von Null Volt ergäben. Durch Unzulänglichkeiten in der Mechanik und der elektronischen Aufbereitung der Signale entstehen Abweichungen von der Kreisform und eine Verschiebung des Mittelpunktes.

Gemäß dem Stand der Technik werden diese Abweichungen durch Vergleich mit einer allgemeinen Ellipse korrigiert, wobei die Güte des elliptischen Modells laufend an die tatsächlichen Gegebenheiten angepaßt wird.

Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß die Adaption des Modells so rechenaufwendig ist, daß sie in einem langsamen Hintergrundprozeß ausgeführt werden muß (DE 43 31 151 C2, Seite 4, Zeilen 56 ff.). Das zum Stand der Technik gehörende Verfahren geht dabei von der allgemeinen Ellipsengleichung aus, die in der komplexen Schreibweise

$$Z(\varphi) = Z_0 + Z_1 \cdot e^{i\varphi} + Z_2 \cdot e^{-i\varphi}$$

sechs unabhängige Parameter besitzt (jeweils Real- und Imaginärteil der komplexen Zahlen  $Z_0$ ,  $Z_1$  und  $Z_2$ ). Diese sechs Parameter werden in einem langsamen Integrationsprozeß den tatsächlichen Gegebenheiten angepaßt.

Zum Stand der Technik (DE 35 09 682 C2) gehört weiterhin eine Meßeinrichtung mit einer Fehlererkennungseinrichtung zum Ablesen von Inkrementalmaßstäben durch einen Positionsgeber. Diese Druckschrift betrifft eine Meßeinrichtung zur Messung der Relativlage zweier Objekte mittels elektrischer Abtastsignale. Mit dieser zum Stand der Technik gehörenden Meßeinrichtung ist eine einfache Überprüfung sämtlicher Signalparameter (Amplitudenhöhen, Symmetrie, Amplitudenhöhengleichheit und/oder gegenseitige Phasenlage) von Abtastsignalen auf fehlerhafte Zustände möglich. Eine derartige Überprüfung der Signalparameter von Abtastsignalen ist beispielsweise bei hochauflösenden Meßeinrichtungen von Bedeutung, bei denen eine Signalvervielfachung durch eine bekannte Interpolation bewirkt werden soll. Voraussetzung für eine einwandfreie Signalvervielfachung sind nicht nur bestimmte gleichbleibende Amplitudenhöhen und Symmetrie, sondern auch Amplitudenhöhengleichheit und gleichbleibende gegenseitige Phasenlagen der Abtastsignale.

Diese Druckschrift zeigt lediglich die Überprüfung der Signalparameter. Ein Verfahren zur Korrektur von Interpolationsfehlern mit einem geringen Rechenaufwand ist dieser Druckschrift nicht zu entnehmen.

Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Verfahren zur Korrektur kurzperiodischer Interpolationsfehler bei Inkrementalgebern anzugeben, bei dem der Rechenaufwand so weit reduziert ist, daß eine Online-Adaption von Gitterabstand zu Gitterabstand möglich ist.

Dieses technische Problem wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Dadurch, daß nur fünf Parameter im Interpolator verrechnet werden und dadurch, daß die fünf Parameter ausschließlich aus den leicht zu ermittelnden Maxima und Minima der Signalamplituden des unmittelbar vorhergehenden Teilungsintervalles berechnet werden, wird der Rechenaufwand erheblich reduziert.

Im Gegensatz zu dem Stand der Technik reagiert das erfindungsgemäße Verfahren unmittelbar auf Änderungen der Interpolationsabweichungen, weil es zur Korrektur der aktuellen Meßwerte die Ergebnisse aus dem vorhergehenden Interpolationsintervall zugrunde legt.

Das erste Intervall, bei dem noch keine Meßwerte eines vorhergehenden Intervalles vorhanden sind, wird mit einer vereinfachten Interpolation durchgeführt.

Die Inkrementalgeber liefern zwei Signale SS und CC, die umgangssprachlich "Sinus" und "Cosinus" der Position genannt werden. Bei guten Gebersystemen stimmt dies auch in erster Näherung. Bisher verwendete Verfahren berechnen die aktuelle Position einfach als

$$\arctan \frac{SS}{CC}$$

Einfachere Geber sind üblicherweise mit größeren Fehlern behaftet. Sie lassen sich als mathematisches Modell besser darstellen durch:

$$SS = a \cdot \sin(\varphi) + b$$

$$CC = c \cdot \cos(\varphi + \delta) + d$$

mit der elektrischen Bedeutung der Variablen

a = Amplitude von SS,  
b = Offset von SS,

C = Amplitude von CC,  
d = Offset von CC,  
 $\varphi$  = Phasenwinkel,  
 $\delta$  = Phasenfehler.

5

Eine vereinfachte Interpolation der Position ist ohne Interpolationsfehler nur für den Sonderfall

b = 0  
d = 0  
 $\delta = 0$  und  
a = c

10

möglich.

Mit diesem Sonderfall werden auch die Meßwerte des ersten Intervalles bestimmt.

Bei den darauffolgenden Intervallen gehen gemäß der Erfindung die Parameter aus den Ergebnissen des unmittelbar vorhergehenden Teilungsintervalles mit ein.

15

Es werden zur Berechnung der Parameter ausschließlich die Maxima und Minima der Signalamplituden verwendet.

Der bei der vereinfachten Interpolation beschriebene Sonderfall stellt einen Kreis dar, bei dem die Absolutposition A als

$$\arctan \frac{SS}{CC}$$

20

abgelesen werden kann.

Da aber üblicherweise Fehler auftreten, wird im überwiegenden Fall eine Ellipse dargestellt, die koordinatenmäßig verschoben ist.

25

Es treten hierbei folgende Fehler auf:

1. Ein Offset, der dadurch verursacht wird, daß die Nullage der beiden Spannungen (Sinus und Cosinus) nicht exakt ist.
2. Durch unterschiedliche Amplituden der beiden Signale (Sinus und Cosinus) erhält man die Exzentrizität der Ellipse.
3. Die Achsenlage der Ellipse wird bestimmt durch die Phasenverschiebung, wenn die beiden Spannungen (Sinus und Cosinus) nicht genau um 90° phasenverschoben sind.

30

35

Wird nun der Arcustangens bestimmt, tritt ein Gesamtfehler auf, der sich aus den drei obengenannten Fehlern zusammensetzt. Dieser Fehler wird gemäß der Erfindung beseitigt.

Weitere Einzelheiten der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigt

die Figur eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

40

Die Figur zeigt einen Inkrementalmaßstab (1) mit Teilstrichen (2), zwischen denen Teilungsintervalle (3) vorhanden sind.

Zwei Abtastköpfe (4, 5) tasten die Teilstriche (2) ab. Die Abtastköpfe (4, 5) sind derart angeordnet, daß sich an deren Ausgängen Meßsignale (Sinus (SS) und Cosinus (CC)) ergeben, die zueinander, je nach Genauigkeit der Teilung auf dem Inkrementalmaßstab (1) und/oder des Abstandes der Abtastköpfe (4, 5) voneinander, in sinus-/cosinusartiger Phasenbeziehung stehen.

45

In einer Auswerteeinheit (6) werden die Signale (SS und CC) weiterverarbeitet.

Durch die üblicherweise auftretenden Fehler lassen sich die Signale (SS und CC) folgendermaßen darstellen:

$$SS = a \cdot \sin(\varphi) + b$$

50

$$CC = c \cdot \cos(\varphi + \delta) + d$$

mit

55

a = Amplitude von SS,  
b = Offset von SS,  
C = Amplitude von CC,  
d = Offset von CC,  
 $\varphi$  = Phasenwinkel,  
 $\delta$  = Phasenfehler.

60

Die Absolutposition des Inkrementalgebers bestimmt sich aus Arcustangens SS/CC, das heißt, die Absolutposition (A) bestimmt sich folgendermaßen:

$$A = \arctan \frac{(a \cdot \sin(\varphi) + b)}{(c \cdot \cos(\varphi + \delta) + d)}.$$

65

Eine fehlerfreie Berechnung der Position wird erreicht, wenn a, b, c, d und  $\delta$  im Interpolator mit verrechnet werden.

Die Werte werden immer aus der letzten Signalperiode gewonnen mit:

$$a = \frac{(\max(SS) - \min(SS))}{2}$$

$$b = \frac{(\max(SS) + \min(SS))}{2}$$

$$c = \frac{(\max(CC) - \min(CC))}{2}$$

$$d = \frac{(\max(CC) + \min(CC))}{2}$$

$$\delta = \cos^{-1} \left( \frac{CC - d}{c} \right) - \sin^{-1} \left( \frac{SS - b}{a} \right)$$

Damit läßt sich die richtige Position (A) folgendermaßen bestimmen:

$$A = \arctan \frac{c \cdot (a \cdot \sin(\varphi) + b - b) \cdot \cos(\delta)}{a \cdot [c \cdot \cos(\varphi + \delta) + d - d] + c \cdot [a \cdot \sin(\varphi) + b - b] \cdot \sin(\delta)}$$

Bezugszahlen

1 Inkrementalmaßstab

2 Teilstriche

3 Teilungsintervalle

4, 5 Abtastköpfe (Inkrementalgeber)

6 Auswerteeinheit

Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur von Interpolationsfehlern beim Ablesen von Inkrementalmaßstäben durch einen Positionsgeber, wobei die Absolutposition des Positionsgebers innerhalb eines Teilungsintervalles des Inkrementalmaßstabes bestimmt wird, wobei die Teilungsintervalle periodisch von Teilungsmarken auf einem Träger gebildet sind, mit zwei gegenüber dem Träger ortsfest angeordneten und auf die Teilungsmarken ansprechenden Abtastelementen, die in einem derartigen auf die Länge des Teilungsintervalles bezogenen Abstand voneinander angeordnet sind, daß sie jeweils ein sinusartiges und ein cosinusartiges Meßsignal (SS und CC) ausgeben, die zur Ermittlung der Absolutposition auf der Basis der Arcustangens-Funktion ausgewertet werden, wobei zur Korrektur der Auswertung gegenüber Störungen und Ungenauigkeiten im Positionsgeber ein Korrekturmodell verwendet wird, und daß als mathematisches Korrekturmodell eine Ellipsengleichung verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Korrektur der Auswertung gegenüber Störungen und Ungenauigkeiten im Positionsgeber (4, 5) ein Korrekturmodell mit fünf Parametern (a, b, c, d,  $\delta$ ) verwendet wird, wobei die Berechnung der fünf Parameter aus den Ergebnissen des unmittelbar vorhergehenden Teilungsintervalles (3) erfolgt, und daß zur Ermittlung der Parameter (a, b, c, d) ausschließlich die Maxima und Minima der Signalamplituden des unmittelbar vorhergehenden Teilungsintervalles verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die fünf Parameter folgendermaßen bestimmt werden:

$$a = \frac{(\max(SS) - \min(SS))}{2}$$

$$b = \frac{(\max(SS) + \min(SS))}{2}$$

$$c = \frac{(\max(CC) - \min(CC))}{2}$$

$$d = \frac{(\max(CC) + \min(CC))}{2}$$

$$\delta = \cos^{-1} \left( \frac{CC - d}{c} \right) - \sin^{-1} \left( \frac{SS - b}{a} \right)$$

mit

a = Amplitude von SS



- $b$  = Offset von SS
- $c$  = Amplitude von CC
- $d$  = Offset von CC
- $\delta$  = Phasenfehler
- und mit

5

$$A = \arctan \frac{c \cdot (a \cdot \sin(\varphi) + b - b) \cdot \cos(\delta)}{a \cdot [c \cdot \cos(\varphi + \delta) + d - d] + c \cdot [a \cdot \sin(\varphi) + b - b] \cdot \sin(\delta)}$$

10

wobei

 $A$  = Position des Positionsgebers, $SS = a \cdot \sin(\varphi) + b$ 

und

 $CC = c \cdot \cos(\varphi + \delta) + d$ 

15

ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Intervall eine vereinfachte Interpolation mit

 $b = 0$  $d = 0$ 

20

 $\delta = 0$  $a = c$ 

durchgeführt wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

